APLICAÇÃO DE MODELAGEM DO TERRENO NA BACIA DO RIACHO JATOBÁ PARA ANÁLISE MORFOMÉTRICA

Mirella Veras Maciel [1]; Abelardo Antônio Assunção Montenegro[2];Aline Maria Soares das Chagas[5];Mariana de Souza Pinheiro [4];Maria Luiza Nunes Angelo[4];Monaliza Araújo de Santana [5]& Thayná Alice Brito Almeida [3]

RESUMO– A modelagem do terreno tem se consolidado como uma importante ferramenta para a caracterização física de bacias hidrográficas, permitindo a obtenção de informações relevantes sobre o relevo e a rede de drenagem. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo aplicar técnicas de modelagem do terreno na bacia do riacho Jatobá, localizada no semiárido pernambucano, visando à sua caracterização morfométrica. Para isso, foram utilizados os softwares HEC-HMS e QGIS, associados aos dados altimétricos do Projeto Pernambuco Tridimensional (PE3D). As etapas metodológicas envolveram a delimitação da bacia hidrográfica, a geração da rede de drenagem, a discretização em sub-bacias e a obtenção dos principais parâmetros morfométricos. Os resultados evidenciaram a eficiência do PE3D na representação do relevo e da rede de drenagem, bem como a complementaridade entre HEC-HMS e QGIS na análise morfométrica. A bacia apresentou rede de drenagem de 5ª ordem, com predominância de canais de 1ª e 2ª ordem. Conclui-se que a abordagem adotada foi eficiente para a caracterização morfométrica da área, fornecendo subsídios para estudos hidrológicos, planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos.

ABSTRACT – Terrain modeling has become an important tool for the physical characterization of watersheds, enabling the acquisition of relevant information regarding topography and drainage networks. In this context, the present study aimed to apply terrain modeling techniques to the Jatobá Stream watershed, located in the semi-arid region of Pernambuco State, Brazil, in order to perform its morphometric characterization. For this purpose, the HEC-HMS and QGIS software packages were used in conjunction with altimetric data from the Pernambuco Tridimensional Project (PE3D). The methodological procedures included watershed delineation, drainage network extraction, sub-basin discretization, and the calculation of the main morphometric parameters. The results demonstrated the efficiency of PE3D data in representing terrain features and the drainage network, as well as the complementarity of HEC-HMS and QGIS for morphometric analysis. The watershed presented a fifth-order drainage network, with a predominance of first- and second-order channels. It is concluded that the adopted approach was effective for the morphometric characterization of the study area, providing valuable information for hydrological studies, environmental planning, and water resources management.

[1]) Mestranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois irmãos – Recife-PE, fone (81) 99538-7670, email: Mirellaverasambiental@gmail.com
[2]) Professor Titular, DEAGRI/UFRPE: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois irmãos – Recife-PE, email: Montenegro.ufrpe@gmail.com
[3]) Pós-Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois irmãos – Recife-PE, fone (81) 99538-7670, email:thayna_tau@hotmail.com
[4]) Graduanda em Engenharia Ambiental, DTR/UFRPE: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois irmãos – Recife-PE, fone (81) 99899-0013, email:mluizanunes.ambiental@gmail.com
[5]) Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois irmãos – Recife-PE, fone (81) 98958-2614, email: alinemschagas@gmail.com

Palavras-Chave–Hec-HMS; Qgis; Morfometria

INTRODUÇÃO

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) define bacia hidrográfica como uma área delimitada por divisores de água, na qual os escoamentos superficiais convergem para um único exutório. Por integrar elementos como relevo, solos, vegetação e recursos hídricos, as bacias são amplamente utilizadas em estudos hidrológicos e na gestão dos recursos hídricos (ANA, 2024). Segundo Sousa *et al.* (2023), por possibilitar a integração, as bacias são reconhecidas como a unidade territorial mais adequada para o planejamento e a gestão ambiental, pela sua influência na disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos.

Nas regiões semiáridas do Nordeste brasileiro, a análise das bacias hidrográficas torna-se relevante em virtude da elevada variabilidade espacial e temporal das precipitações, da ocorrência recorrente de períodos de estiagem e das limitações relacionadas à disponibilidade hídrica. Nesses ambientes, as características do relevo e da rede de drenagem exercem influência direta sobre a dinâmica do escoamento superficial, a infiltração da água e os processos erosivos, tornando o conhecimento das características fisiográficas das bacias um importante instrumento para a gestão dos recursos hídricos (Lima, 2025; Hilário *et al*., 2024).

Nesse contexto, o avanço das geotecnologias e a crescente disponibilidade de Modelos Digitais de Elevação (MDE) têm ampliado significativamente as possibilidades de caracterização da modelagem do terreno e da rede hidrográfica. Associados aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), os MDE permitem a delimitação de bacias hidrográficas, a extração da rede de drenagem e a obtenção de parâmetros morfométricos com maior precisão e eficiência, constituindo importante suporte para estudos ambientais e hidrológicos (Dias *et al*., 2019).

Sendo assim, a análise morfométrica constitui uma importante ferramenta de apoio à modelagem hidrológica e ao planejamento e à tomada de decisão, permitindo analisar a dinâmica do escoamento, a resposta das sub-bacias e os impactos de eventos extremos, além de simular cenários de manejo e conservação ambiental (Carvalho *et al.*, 2025). Entre as ferramentas disponíveis, destaca-se o Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System (HEC-HMS), amplamente utilizado na caracterização hidrológica de bacias. Complementarmente, o Quantum Geographic Information System (QGIS) possibilita a delimitação de bacias, extração de redes de drenagem e processamento de Modelos Digitais de Elevação (QGIS.ORG, 2024).

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise morfométrica com o uso do HEC-HMS e do QGIS, da bacia experimental do riacho Jatobá, inserida na bacia do rio Ipanema, importante afluente do rio São Francisco, localizada no semiárido

pernambucano. O estudo ressalta a importância dos canais de primeira e segunda ordem, fornecendo subsídios para estudos hidrológicos, segurança hídrica e conservação ambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A área de estudo corresponde à bacia experimental do riacho Jatobá (BERJ), Figura 1, inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Ipanema, importante afluente do rio São Francisco, região semiárida de Pernambuco (Chagas *et al.*, 2022). O clima da região é do tipo BSsh (semiárido muito quente). A BERJ integra a Rede de Hidrologia do Semiárido (REHISA), criada para fortalecer e ampliar o conhecimento sobre o comportamento hidrológico e climático de bacias experimentais representativas do semiárido brasileiro (REHISA, 2004; Lima *et al.*, 2014).

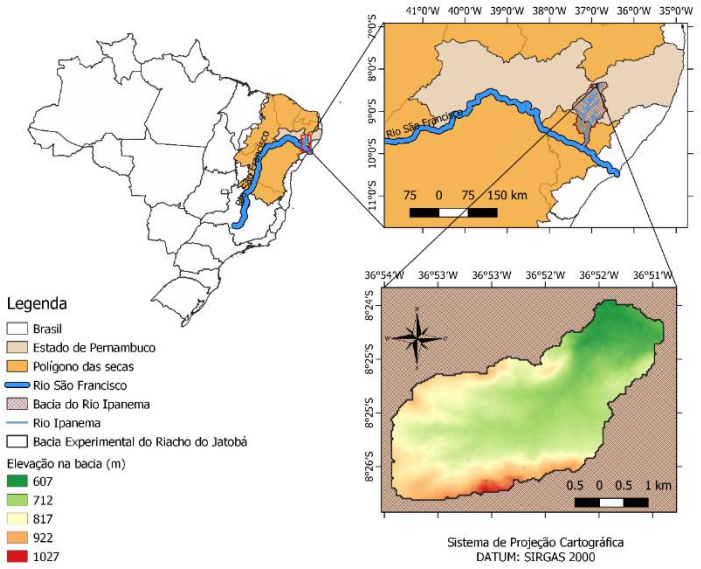


Figura 1. Localização da bacia experimental do riacho Jatobá, semiárido pernambucano.

Processamento do MDE para o HEC-HMS

Foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) da base cartográfica disponibilizada pelo Projeto Pernambuco Tridimensional (PE3D) com resolução espacial de 5 metros, iniciativa do Governo do Estado de Pernambuco, Secretaria de Recursos Hídricos e Saneamento e Banco Mundial,

voltada à produção de dados geoespaciais de alta precisão para subsidiar estudos ambientais, hidrológicos e de planejamento territorial. O MDE foi processado no Software QGIS.

Geração da rede de drenagem e sub-bacias

A caracterização da rede de drenagem foi realizada por meio do software Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System (HEC-HMS). Para este trabalho, foram testados diferentes limiares para a geração dos canais. O limiar adotado foi de 0,3 km², pois representou de forma mais adequada os canais da bacia, proporcionando maior precisão e clareza na representação da rede hidrográfica no HEC-HMS.

Caracterização dos parâmetros morfométricos

Os parâmetros morfométricos foram obtidos a partir das informações fornecidas pelo HEC-HMS. Entretanto, o software apresenta limitações quanto à obtenção de valores específicos de perímetro e ordem dos canais, tornando necessária a utilização de ferramentas complementares para auxiliar na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica. Sendo assim, a classificação de Strahler foi obtida no plugin SAGA do Software QGIS. Os parâmetros analisados foram apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros morfométricos da bacia

Parâmetro	Descrição	Equação e Unidade	Fonte
	Características geométricas		
Área (A)	-	m²	-
Perímetro (P)	-	m	-
Fator de Forma (Kf)	Relação entre a área da bacia (A) e o comprimento do eixo da bacia (L).	$Kf = A/L^2$	Horton (1945)
Coeficiente de Compacidade (Kc)	Relação entre o perímetro (P) e a área (A).	$Kc = 0,28(P/\sqrt{A})$	Lima (1969)
Índice de Circularidade (IC)	Relação entre a área da bacia (A) e o perímetro da bacia (P).	$IC = 12,57(A/P^2)$	Miller (1953)
	Características do relevo		
Amplitude Altimétrica Máxima da Bacia (Hm)	Diferença altimétrica entre a altitude da foz e a altitude do ponto mais elevado do divisor topográfico.	m	-
Declividade Média (%)	-	-	-

Razão de Relevo (Rr)	Relação entre a variação de elevação (ΔH) e o comprimento do eixo da bacia (L).	Rr = ΔH/L	Christofoletti (1969)
Rede de Drenagem e Hierarquia Fluvial			
Comprimento Médio dos Canais (Lm)	Comprimento médio dos cursos d'água de cada ordem.	Lm = Lu/Nu (m)	Horton (1945)
Densidade de Drenagem (Dd)	Relação entre o comprimento da rede de drenagem (Cr) e a área da bacia (A).	Dd = Cr/A (km km^{-2})	Horton (1945)
Índice de Sinuosidade (IS)	Relação entre o comprimento do rio principal e o perímetro do talvegue principal.	IS = 100[(Rp−Ltal)/Rp] (%)	Schumm (1963)
Tempo de Concentração (Tc)	Tempo necessário para que uma gota de chuva da região mais distante da bacia alcance o exutório.	Tc = 57[(L³/Δh)^0,385] (min)	Collischonn e Tassi (2008)
Coeficiente de Manutenção (Cm)	Área mínima necessária para manutenção de 1 metro de canal.	Cm = 1/Dd × 1000 (m² m^{-1})	Christofoletti (1981)
Extensão do Percurso Superficial (Eps)	Distância média percorrida pela água da chuva até alcançar um canal permanente.	Eps = 1/(2Dd) (km)	Christofoletti (1981)
Textura Topográfica (Tt)	Baseada principalmente na densidade de drenagem.	Log(Tt) = 0,219649 + 1,115 log(Dd)	França (1968)
Ordem dos canais por Hierarquia	-	-	Strahler (1957)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Rede de drenagem e sub-bacias

Na rede de drenagem, por se tratar de uma bacia de pequenas dimensões, observou-se uma excessiva perda de qualidade. Desse modo, optou-se por prosseguir utilizando apenas a base PE3D para o mapeamento. A partir da definição de uma área de contribuição mínima de 0,3 Km² para geração de canais, a bacia foi discretizada em 33 sub-bacias (Figura 3). O mapeamento evidencia a localização estratégica do exutório e a resposta hidrológica condicionada pela amplitude altimétrica da bacia, cujo gradiente varia desde as zonas cabeceiras (tons vermelho-alaranjados) até as áreas de deposição a jusante. Esta configuração espacial subsidiou a extração automatizada dos atributos morfométricos no ambiente HEC-HMS, à exceção do perímetro, obtido complementarmente no software QGIS.

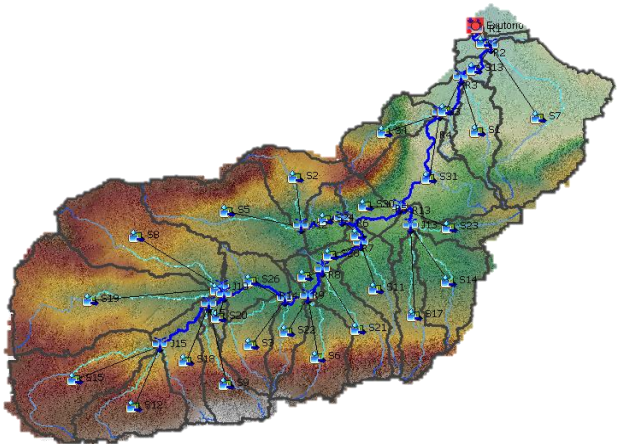


Figura 3. Rede de drenagem e sub-bacias da bacia do Jatobá no HEC-HMS.

Parâmetros morfométricos

Os parâmetros físicos da bacia do Jatobá, presentes na Tabela 2, indicam uma bacia de forma alongada, evidenciada pelo fator de forma (Kf = 0,23), coeficiente de compacidade (Kc = 1,35) e índice de circularidade (IC = 0,54), característica associada à menor concentração do escoamento e a redução de picos de cheia. Essa configuração favorece uma distribuição temporal mais homogênea do escoamento, uma vez que os fluxos gerados nas áreas mais distantes percorrem trajetos mais longos até o exutório. Estes resultados corroboram os valores obtidos por Chagas *et al.* (2022) para a mesma bacia e por Tavares *et al.* (2026) para a bacia do rio Taperoá, reforçando a menor suscetibilidade a enchentes sob condições de precipitação média, pela redução da sincronização dos escoamentos superficiais.

Quanto ao relevo, a amplitude altimétrica máxima (305,6 m) e a declividade média (0,71 m/m) indicam gradientes elevados, principalmente nas cabeceiras, favorecendo a geração de escoamento superficial. Por outro lado, a razão de relevo média (Rr = 0,09) sugere baixo gradiente longitudinal e menor velocidade de escoamento, favorecendo a infiltração da água no solo. Além disso, declividades elevadas nas áreas de cabeceira podem potencializar os processos de escoamento superficial durante eventos pluviométricos intensos, ocasionando o transporte de sedimentos para a rede de drenagem. Segundo Santos *et al.* (2009), a intensidade, duração e frequência das precipitações constituem fatores determinantes para a erosão hídrica, especialmente quando associadas a condições de relevo mais acidentado.

A densidade de drenagem (Dd = 2,53 km/km²) classifica a bacia como bem drenada, segundo Villela e Mattos (1975), uma vez que valores mais elevados indicam maior eficiência da rede de drenagem na coleta e condução dos fluxos hídricos ao exutório. O valor encontrado é próximo ao observado por Chagas *et al*. (2022) e superior ao observado por Tavares *et al*. (2026) para a bacia do Taperoá. Tal diferença pode estar relacionada às características pedológicas distintas, uma vez que a

bacia do Jatobá apresenta maior proporção de Argissolos Vermelho-Amarelos, favorecendo o escoamento superficial (Montenegro e Ragab, 2010).

De acordo com Christofoletti (1969), a rede de drenagem apresenta padrão dendrítico, característico de bacias semiáridas de pequeno porte, com predominância de canais de primeira ordem. O comprimento médio dos canais (Lm = 0,57 km) e o coeficiente de manutenção (Cm = 394,94 $m^2\ m^{-1}$) indicam que cada metro de canal necessita de aproximadamente 395 m^2 de área de contribuição para sua manutenção, valor próximo ao encontrado por Chagas *et al.* (2022).

A extensão do percurso superficial (Eps = 0,19 km) foi inferior à observada por Chagas *et al.* (2022), mas permanece coerente com a elevada densidade de drenagem da bacia. O tempo de concentração (Tc = 65,08 min) indica resposta relativamente rápida aos eventos de precipitação intensa. Em regiões semiáridas, chuvas intensas e de curta duração tendem a gerar respostas hidrológicas rápidas, sobretudo em áreas com baixa cobertura vegetal. Nesse contexto, práticas conservacionistas que favoreçam a infiltração e reduzam o escoamento superficial podem atenuar a resposta hidrológica da bacia e aumentar a disponibilidade hídrica local.

Tabela 2. Parâmetros morfométricos da bacia do Jatobá

Parâmetro	Resultado
Área (A)	12,57 km²
Perímetro (P)	17,13 km
Fator de Forma (Kf)	0,23
Coeficiente de Compacidade (Kc)	1,35
Índice de Circularidade (IC)	0,54
Amplitude Altimétrica Máxima da Bacia (Hm)	305,6 m
Declividade Média da bacia (%)	0,71 m/m
Razão de Relevo média (Rr)	0,09
Comprimento Médio dos Canais (Lm)	0,57
Densidade de Drenagem média (Dd)	2,53 km/km²
Índice de Sinuosidade média (IS)	1,51
Tempo de Concentração (Tc)	65,08 min
Coeficiente de Manutenção (Cm)	394,9447
Extensão do Percurso Superficial (Eps)	0,19 km
Textura Topográfica (Tt)	0,67 km

No tocante à textura topográfica (Tt = 0,67) e o índice de sinuosidade (IS = 1,51), ambos indicam um canal principal com características intermediárias entre reto e meandrante, favorecendo o escoamento e reduzindo a deposição de sedimentos ao longo do percurso. Essas características são relevantes para o planejamento de intervenções voltadas à conservação dos recursos hídricos, dada sua influência na dinâmica sedimentar.

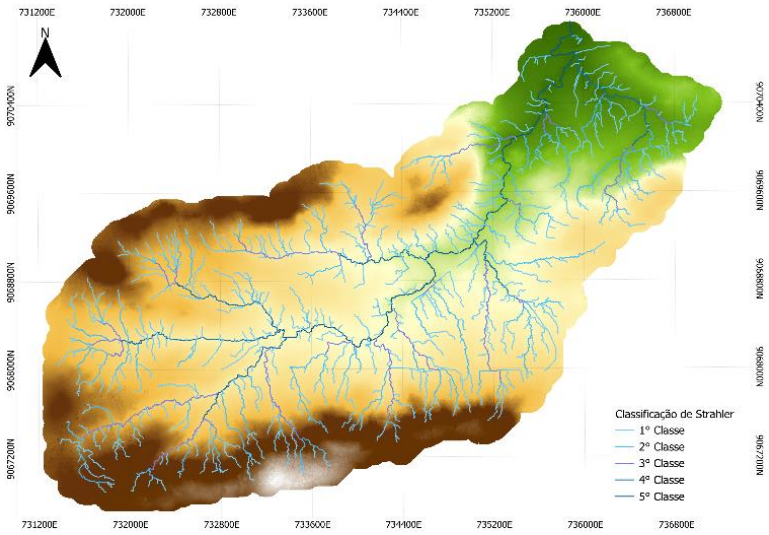


Figura 4. Classificação de Strahler da bacia do Jatobá.

A rede de drenagem da bacia do rio Jatobá (Figura 4) atinge a 5ª ordem de Strahler, indicando uma rede bem desenvolvida, com predominância de canais de 1ª e 2ª ordem, concentrados principalmente nas áreas de nascente e de maior declividade. Esses canais desempenham papel fundamental na dinâmica hidrológica, contribuindo para a infiltração, recarga lateral, retenção de sedimentos e manutenção dos fluxos de base durante períodos de estiagem. Isso evidencia a importância das áreas de cabeceira para a conectividade hidrológica, influenciando a recarga hídrica, o transporte de sedimentos e nutrientes e a qualidade da água nos trechos a jusante (Alexander *et al.,* 2007). Nesse contexto, os cursos de 1ª e 2ª ordem configuram áreas prioritárias para a implementação de soluções ambientais, como restauração de matas ciliares, proteção de nascentes e recuperação de áreas degradadas, por favorecerem a infiltração e a resiliência hidrológica da bacia.

Essa priorização torna-se ainda mais relevante considerando as características morfométricas observadas para a bacia do Jatobá, como a elevada densidade de drenagem e a resposta hidrológica relativamente rápida indicada pelo tempo de concentração. Nessas condições, intervenções voltadas à retenção hídrica, ao aumento da cobertura vegetal e à redução do escoamento superficial nas áreas de cabeceira podem contribuir para a diminuição dos processos erosivos, para o aumento da infiltração e para a manutenção dos fluxos hídricos ao longo da rede de drenagem.

CONCLUSÃO

A utilização integrada do HEC-HMS e do QGIS, associada aos dados altimétricos do PE3D, mostrou-se eficiente para a caracterização morfométrica da bacia do riacho Jatobá, permitindo a delimitação da bacia, a discretização das sub-bacias e a definição da hierarquia fluvial. Os resultados evidenciaram uma bacia alongada, bem drenada e com predominância de canais de 1ª e 2ª ordem, ressaltando a importância da modelagem do terreno na compreensão da organização da rede de drenagem e da dinâmica hidrológica. Dessa forma, o estudo fornece informações relevantes para o planejamento ambiental, a gestão dos recursos hídricos e o desenvolvimento de pesquisas hidrológicas em regiões semiáridas.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), à FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - BFP-0092-5.03/24), ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Projeto n° 405441/2025-8), ao Projeto Aliança para a Gestão dos Recursos Hídricos no Semiárido Pernambucano (Consórcio UNIVERSITAS – APQ 0300-5.03/17 – FACEPE) e à Rede de Hidrologia do Semiárido (REHISA) pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, R. B.; BOYER, E. W.; SMITH, R. A.; SCHWARZ, G. E.; MOORE, R. B. *The role of headwater streams in downstream water quality*. Journal of the American Water Resources Association, v. 43, n. 1, p. 41–59, 2007. DOI: 10.1111/j.1752-1688.2007.00005.x.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Divisão hidrográfica.* Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Brasília: ANA, [s.d.]. CARVALHO, P. R. S., RIBEIRO, C. B. M., SOARES FILHO, W. A., & FONSECA, L. G. (2025). *Resposta hidrológica da porção mineira da bacia hidrográfica do rio são francisco à modelagem chuva-vazão.* Revista de Gestão de Água da América Latina, 22, e15. https://doi.org/10.21168/rega.v22e15.

CHAGAS, A. M. S. et al. *Use of geotechnologies for morphometric analysis of experimental basin in the semiarid region to support hydrological simulation*. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 30, p. 19-35, 2022.

DIAS, N. O. et al. *Análise morfométrica de bacia hidrográfica utilizando diferentes modelos digitais de superfície*. Colloquium Exactarum, v. 11, n. 4, p. 46-58, 2019.

CHRISTOFOLETTI, A. A variabilidade espacial e temporal da densidade de drenagem. Notícia Geomorfológica, Campinas, v.21, n.42, p.3 - 22, 1981.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. Notícia Geomorfologia, Campinas, v.18, n.9, p.35-64, 1969.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. Introduzindo hidrologia. IPH UFRGS, Porto Alegre, 2008.

FRANÇA, G.V. *Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba.* Piracicaba. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, São Paulo,1968. 151p.

HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves. Anais […]. Bento Gonçalves: ABRHidro, 2013.

SILVA JÚNIOR, V. P.; MONTENEGRO, A. A. A.; MELO, R. O. *Temporal stability of soil moisture in an experimental watershed in the Pernambuco semi-arid region*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 20, n. 10, p. 880-885, 2016.

HILÁRIO, D. S.; LOPES, D. V. *Caracterização e mapeamento geomorfológico da Sub-bacia do Rio Seridó,* no semiárido brasileiro. GEOgrafias, v. 20, n. 1, p. 60-82, 2024.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hyfrophysical approach to quantitative morphology. Bulletin of the Geological Society of America 56, v. 2 p. 75-370, 1945.

LACERDA, G. L. B.; FIRMINO, L. Q.; SÁ, A. C. N.; ROCHA NETO, O.; SILVA, V. F.. Caracterização morfométrica: estudo de caso da bacia hidrográfica do Riacho dos Grossos, Paraíba, Brasil. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.10, n.2, p.362-376, 2019. DOI: http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.002.0030.

LIMA, J. E. F. W.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; KOIDE, S. *Comparative hydrology: relationships among physical characteristics, hydrological behavior, and results of the SWAT model in different regions of Brazil*. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 7, n. 6, p. 1187-1195, 2014.

LIMA, W. P. Manejo de Bacias Hidrográficas. ESALQ: Piracicaba. 1969.

SOUZA, S. D. G.; SOUZA, A. C. N.; SOUSA, M. L. M. *Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: do debate conceitual à realidade brasileira nas leis ambientais.* Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral, v. 24, p. 551-566, 2022. DOI: 10.35701/rcgs.v24.889.

MILLER, V.C. A quantitative geomorphic study of drainage basins characteristic in the Clinch Mountain area, Technical Report, Dept. Geology, Columbia University, 1953.

MONTENEGRO, A.; RAGAB, R. *Hydrological response of a Brazilian semiarid catchment to different land use and climate change scenarios: a modelling study*. Hydrological Processes, New Jersey, v. 24, n. 19, p. 2705-2723, 2010.

REHISA. Relatório Final da Caracterização das Bacias Experimentais do Semiárido. *Projeto IBESA – Implantação de Bacias Experimentais do Semiárido para o Desenvolvimento de Metodologias de Avaliação dos Balanços Hídricos e Energéticos em Diferentes Escalas Temporais e Espaciais*. Recife: REHISA, 2004.

RICHARDSON, J. S. *Biological diversity in headwater streams*. Biological Diversity in Headwater Streams *Water*, v. 11, n. 2, p. 366, 2019.

QGIS.ORG. QGIS 3.34: *Geographic Information System User Guide*. [S. l.]: QGIS Association, 2024.

SANTOS, G. G., Griebeler, N. P., & Oliveira, L. F. C. de. (2010). Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, *14*(2), 115–123. https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000200001.

SILVA, T. F. P.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, J. R. L.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MOURA, A. E. S. S.; OLIVEIRA, L. M. M. *Avaliação da precipitação e umidade do solo na bacia do Ipanema, no semiárido de Pernambuco*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS

SCHUMM, S. A. *Sinuosidade dos rios aluviais nas Grandes Planícies.*Geological Society of America Bulletin, Boulder, v. 74, n. 9, p. 1089-1100, 1963.

SOUZA, S. D. G.; SOUZA, A. C. N.; SOUSA, M. L. M. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: do debate conceitual à realidade brasileira nas leis ambientais. Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral, v. 24, p. 551-566, 2022. DOI: 10.35701/rcgs.v24.889.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. American Geophysical Union, Washington, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.